

⑩ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift  
⑪ DE 29 37 838 A 1

⑤ Int. Cl. 3:  
H 02 P 5/40

⑲ Aktenzeichen:  
⑳ Anmeldetag:  
㉑ Offenlegungstag:

P 29 37 838.9-32  
19. 9. 79  
2. 4. 81

*Behördenstempel*

⑦ Anmelder:  
Braun AG, 6000 Frankfurt, DE

⑧ Erfinder:  
Hoffmann, Dipl.-Phys. Dr., Harald, 2300 Kiel, DE; Raducanu,  
Dipl.-Ing., Dan-Corneliu, 6930 Eberbach, DE

DE 29 37 838 A 1

④ Verfahren und Anordnung zur Regelung von Drehzahl und Phasenlage bei Synchronmotoren

DE 29 37 838 A 1

Offenhach den. 05. September 1979

Akte: 107/20 - Zap/He

2937838

- 1 -

P a t e n t a n s p r ü c h e :

1. Verfahren zur Regelung von Drehzahl und Phasenlage bei Synchronmotoren mit einem Läufer mit mindestens einem Polpaar und mit einem Ständer mit mindestens einer mit Antriebsimpulsen beaufschlagten Feldwicklung, insbesondere bei Reaktionsmotoren von zeithaltenden Geräten wie Uhren, unter Verwendung eines Impulsgenerators, der Impulse konstanter Frequenz und Breite erzeugt, dadurch gekennzeichnet, daß man die Polbewegung gegenüber dem Ständer mittels einer induktiven Sensorwicklung erfaßt und die Sensorsignale in entsprechende, im wesentlichen rechteckige Sensorimpulse umsetzt, daß man die konstanten Impulse mit den Sensorimpulsen nach Breite und Phasenlage vergleicht und synchron mit den Sensorimpulsen Antriebsimpulse erzeugt, deren Breite der Phasenverschiebung proportional und deren Phasenlage gegenüber den Polen so gewählt ist, daß bei einer Voreilung der Pole ein Bremsmoment und bei einer Nacheilung ein Beschleunigungsmoment erzeugt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß man zusätzlich die konstanten Impulse und die Sensorimpulse pro Zeiteinheit zählt und bei einer Polvoreilung einen Antriebsimpuls in voller Breite des Sensorimpulses zur Erzeugung eines Bremsmoments

- 2 -

130014/0544

und bei einer Polnacheilung einen Antriebsimpuls in voller Breite des Sensorimpulses zur Erzeugung eines Beschleunigungsmoments bildet.

3. Anordnung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, enthaltend einen Synchronmotor, insbesondere einen Reaktionsmotor, mit einem Läufer mit mindestens einem Polpaar und mit einem Ständer mit mindestens einer Feldwicklung, einen Impulsgenerator für die Erzeugung von Impulsen konstanter Frequenz und Breite sowie eine Einrichtung zur Beaufschlagung der Feldwicklung mit Antriebsimpulsen, dadurch gekennzeichnet, daß im Ständer (3) eine vom Läufer (2) beeinflussbare Sensorwicklung (5) angeordnet ist, deren Ausgang einem Komparator (14) zur Umsetzung der Sensorsignale in rechteckige Sensorimpulse aufgeschaltet ist, daß die Ausgänge des Impulsgenerators (26) und des Komparators (14) einem Phasenvergleichs (31) aufgeschaltet sind, in dem die Sensorimpulse hinsichtlich der Lage der Impulsflanken und der Impulsbreite mit den konstanten Impulsen des Impulsgenerators vergleichbar sind, und in dem bei einer positiven Phasenverschiebung (Polnacheilung) dieser proportionale, beschleunigende Antriebsimpulse und bei einer negativen Phasenverschiebung (Polvoreilung) dieser proportionale, bremsende Antriebsimpulse erzeugbar sind, welche Antriebsimpulse mit den Sensorimpulsen synchronisiert sind, und daß der Ausgang des Phasenvergleichers der Feldwicklung (4) aufgeschaltet ist.
4. Anordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Phasenvergleichs (31) in der Weise ausgelegt ist, daß bei einer Polvoreilung größer als ganz-

5 zahlige Vielfaches des Polabstandes (Pol sprung  $\epsilon = -1, -2, -3, \dots$ )  
bremsende Antriebsimpulse in voller Breite der Sen-  
sorimpulse und synchron mit diesen, und bei einer  
Polnacheilung größer als ganzzahlige Vielfache des  
Polabstandes (Pol sprung  $\epsilon = 1, 2, 3, \dots$ ) beschleunigende  
Antriebsimpulse in voller Breite der Sensorimpulse  
und synchron mit diesen erzeugbar sind.

10 5. Anordnung nach den Ansprüchen 3 und 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Phasenvergleich (31) aus zwei  
D-Flip-Flops (32, 33) und vier NOR-Gattern (35, 36, 37, 38)  
besteht, die in der in Fig. 1 gezeigten Weise geschal-  
tet sind.

15 6. Anordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet,  
daß zwischen dem Ausgang des Konverters (14) und  
dem Phasenvergleich (31) eine Entprellstufe (15)  
für die Abtrennung von Störimpulsen angeordnet ist,  
welche durch induktive Ankopplung der Sensorwicklung  
(5) an die Feldwicklung (4) in der Sensorwicklung  
entstehen.

20 7. Anordnung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet,  
daß die Entprellstufe (15) aus zwei D-Flip-Flops  
(17, 18) zwei NAND-Gattern (19, 20) und zwei NAND-Gat-  
tern (21, 22) in Flip-Flop-Schaltung besteht, die in  
der in Fig. 1 gezeigten Weise geschaltet sind,  
wobei den D-Flip-Flops (17, 18) ein Ausgang des Im-  
puls generators (26) aufgeschaltet ist.

8. Anordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß Feldwicklung (4) und Sensorwicklung (5) in einer gemeinsamen, radial zum Läufer (2) verlaufenden Ebene angeordnet sind.
9. Anordnung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Achsen von Feldwicklung (4) und Sensorwicklung (5) miteinander und mit einem Radius des Läufers (2) übereinstimmen.

Offenbach den, 05. September 1979  
2937838

Akte: 107/20 -Zap/He

-5-

- 5 -

BRAUN AKTIENGESELLSCHAFT

Rüsselsheimer Straße 22  
6000 Frankfurt am Main

-----  
"Verfahren und Anordnung zur Regelung von  
Drehzahl und Phasenlage bei Synchronmotoren."  
-----

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anordnung zur Regelung von Drehzahl und Phasenlage bei Synchronmotoren mit einem Läufer mit mindestens einem Polpaar und mit einem Ständer mit mindestens einer mit Antriebs-  
5 impuls beaufschlagten Feldwicklung, insbesondere bei Reaktionsmotoren von zeithaltenden Geräten wie Uhren, unter Verwendung eines Impulsgenerators, der Impulse konstanter Frequenz und Breite erzeugt.

Bei Synchronmotoren, insbesondere bei solchen auf dem Ge-  
10 biet der Feinwerktechnik ist es häufig erforderlich, eine

- 6 -

130014/0544



möglichst konstante Drehzahl und/oder eine möglichst konstante Anzahl von Umdrehungen in einer angegebenen Zeitspanne einzuhalten. Bei impulsgetriebenen Synchronmotoren ist es zusätzlich wünschenswert, auch die Phasenlage der Läuferpole zu den Impulsen, mit der die Feldwicklung beaufschlagt wird, möglichst konstant zu halten, zumal eine zu starke Phasenverschiebung häufig der Anfang einer bleibenden Drehzahlabweichung ist, wenn zum Beispiel die Antriebsimpulse die Pole des Läufers um ganzzahlige Vielfache "überholen", ein Vorgang, den man auch als Pol-  
10 sprung bezeichnen kann.

Abweichungen hinsichtlich Drehzahl und Phasenlage sind sowohl auf innere wie auf äußere Einflüsse zurückzuführen. Hierzu gehören unterschiedliche Lastmomente, Reibungskräfte und Massekräfte, die auf ein rotierendes System mit entsprechender Massenträgheit einwirken können. Der  
15 zuletzt genannte Fall ist insbesondere bei transportablen Uhren und darunter wieder insbesondere bei Armbanduhren gegeben. Eine Stoßempfindlichkeit des Antriebssystems kann zu bleibenden Standabweichungen führen, die sich im Laufe der Zeit zu untragbaren Anzeigefehlern addieren  
20 können. Man kann solchen Einflüssen durch eine entsprechende Auslegung des Motors und der Regelung entgegenwirken. Hiermit ist jedoch eine erhöhte Leistungsaufnahme des Motors verbunden, die bei Batterieantrieb entweder zu einem häufigen Batteriewechsel oder zu großdimensionierten  
25 Batterien führt. Beides ist insbesondere bei Uhren unerwünscht; großvolumige Batterien sind bei Armbanduhren, insbesondere bei Damenuhren untragbar.

- 5 Zum Stand der Technik gehören reaktive Synchronmotoren mit mindestens einer Feldwicklung, die mit einer Wechselspannung beaufschlagt wird, die synchron zur rotatorischen Bewegung des durch den Läufer erzeugten magnetischen Feldes ist. Neben einer hohen Leistungsaufnahme hat ein solcher
- 10 Motor den Nachteil, daß ein durch einen Polsprung verlorener Impuls nicht mehr einzuholen ist. Ein solches System kann die Anzahl der Umdrehungen in einer vorgegebenen Zeitspanne nicht konstant halten.

- Durch die DE-OS 23 05 682 ist es bekannt, einen Uhrenantrieb mit zwei sich hinsichtlich der Frequenz geringfügig unterscheidenden Impulsfolgen untereinander gleicher Impulsbreite zu beaufschlagen, von denen die eine Impulsfolge eine kleinere und die andere Impulsfolge eine größere Frequenz aufweist, als dies theoretisch für eine absolute
- 15 Ganggenauigkeit erforderlich wäre. Durch geregelte, unterschiedliche relative Einschaltdauer der beiden Impulsfolgen über eine längere Zeitspanne pendelt die Antriebsdrehzahl um einen mittleren Wert. Soweit ein Antrieb durch einen Synchronmotor erwähnt ist, soll die Drehzahländerung des
- 20 Motors durch Änderung der zugeführten Energie erfolgen, wobei offenbar an zwei unterschiedliche, mittlere, aber in sich konstante Energiepegel gedacht ist. Man kann ein derartiges Regelsystem mit einem Zweipunktregler vergleichen. Der Nachteil des bekannten Systems liegt in einer
- 25 erheblichen Totzeit, da der Regler bei stoßartigen Gegen-drehmomenten nicht schnell genug eingreift. Dadurch besteht die Gefahr, daß die Drehzahl unter eine Grenze absinkt, die zu einer nicht mehr aufzuholenden Nacheilung führt.
- 30



Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Regel-  
verfahren und eine Anordnung anzugeben, die ohne merk-  
liche Totzeiten arbeiten, auf ein stoßartiges Gegendreh-  
moment sofort mit einer entsprechenden Erhöhung der An-  
5 tribsleistung des Motors reagieren und dennoch im zeit-  
lichen Mittel eine geringstmögliche Leistungsaufnahme  
mit sich bringen.

Die Lösung der gestellten Aufgabe erfolgt bei dem eingangs  
angegebenen Regelverfahren erfindungsgemäß dadurch, daß  
10 man die Polbewegung gegenüber dem Ständer mittels einer  
induktiven Sensorwicklung erfaßt und die Sensorsignale  
in entsprechende, im wesentlichen rechteckige Sensor-  
impulse umsetzt, daß man die konstanten Impulse (des  
Impulsgenerators) mit den Sensorimpulsen nach Länge  
15 und Phasenlage vergleicht und synchron mit den Sensor-  
impulsen Antriebsimpulse erzeugt, deren Breite der Phasen-  
verschiebung proportional und deren Phasenlage gegenüber  
den Polen so gewählt ist, daß bei einer Voreilung der Pole  
ein Bremsmoment und bei einer Nacheilung ein Beschleu-  
20 nigungsmoment erzeugt wird. Beim Erfindungsgegenstand liefert  
also der Impulsgenerator, beispielsweise ein Quarzos-  
zillator, nicht die eigentlichen Antriebsimpulse, sondern  
nur Steuerimpulse, welche die Vergleichsgrundlage bilden.  
Hieran werden die Sensorimpulse nach Breite und Phasenlage  
25 gemessen, wobei es sich ergibt, daß eine zunehmende Impuls-  
breite auch eine zunehmende Phasenverschiebung signalisiert,  
weil nämlich die Polbewegung des Läufers, die je nach Pol-  
zahl der Drehzahl proportional ist, hinter der Impuls-  
frequenz zurückbleibt oder ihr vorseilt. Die Breite der  
30 Antriebsimpulse ist dabei dem Maß der Phasenverschiebung  
proportional. Da die Breite der Antriebsimpulse auch der  
Leistungsaufnahme des Motors entspricht, wird hierdurch

die Motorleistung unverzüglich, d.h. bei Beginn einer Phasenverschiebung dem Leistungsbedarf angepaßt, so daß unvertretbare Phasenverschiebungen sofort ausge-  
regelt werden. Durch die Erfassung der Phasenlage der  
5 Sensorimpulse gegenüber den Generatorimpulsen wird  
ausserdem festgestellt, welches Vorzeichen die Phasen-  
verschiebung hat, bzw., ob der Läufer vor- oder nacheilt.  
Der Zeitpunkt der Erzeugung der Antriebsimpulse wird dabei  
gegenüber der jeweiligen Polstellung so gewählt, daß ent-  
10 weder eine Brems- oder eine Beschleunigungswirkung auf  
den Läufer ausgeübt wird.

Durch die angegebenen Maßnahmen wird eine quasi-kontinu-  
ierliche Proportionalregelung erzielt, die praktisch  
keine Totzeit besitzt, so daß ein stoßartiges Gegendreh-  
15 moment äußerst kurzfristig, d.h. innerhalb von einem  
oder zwei Arbeitsimpulsen ausgeglichen werden kann. Der  
Leistungsbedarf richtet sich dabei ausschließlich nach  
den äußeren Belastungen; er ist im Ruhezustand des Systems  
ein Minimum.

Für den Fall, daß durch ein übergroßes stoßartiges Dreh-  
20 moment doch einmal ein oder mehrere Impulse nicht zu dem  
gewünschten Polwechsel führen, also einen Polsprung zur  
Folge haben, kann das Regelverfahren den Motor zur maxi-  
malen Leistungsentfaltung bringen, durch welche der Pol-  
sprung wieder aufgearbeitet wird. Dies geschieht gemäß  
25 der weiteren Erfindung dadurch, daß man zusätzlich die  
konstanten Impulse (des Generators) und die Sensorimpulse  
pro Zeiteinheit zählt und bei einer Polvoreilung einen  
Antriebsimpuls in voller Breite des Sensorimpulses zur  
Erzeugung eines Bremsmoments und bei einer Polnacheilung  
30 einen Antriebsimpuls in voller Breite des Sensorimpulses

2937838

zur Erzeugung eines Beschleunigungsmoments bildet.

Die Erfindung bezieht sich auch auf eine Anordnung zur Durchführung des eingangs angegebenen Verfahrens. Diese Anordnung enthält zunächst in herkömmlicher Weise einen Synchronmotor, insbesondere einen Reaktionsmotor, mit einem Läufer mit mindestens einem Polpaar und mit einem Ständer mit mindestens einer Feldwicklung, einen Impuls-  
5 generator für die Erzeugung von Impulsen konstanter Frequenz und Breite sowie eine Einrichtung zur Beaufschlagung der Feldwicklung mit Antriebsimpulsen.  
10

Eine solche Anordnung ist gemäß der weiteren Erfindung dadurch gekennzeichnet, daß im Ständer eine vom Läufer beeinflussbare Sensorwicklung angeordnet ist, deren Ausgang einem Komparator zur Umsetzung der Sensorsignale  
15 in rechteckige Sensorimpulse aufgeschaltet ist, daß die Ausgänge des Impulsgenerators und des Komparators einem Phasenvergleichser aufgeschaltet sind, in dem die Sensorimpulse hinsichtlich der Lage der Impulsflanken und der Impulsbreite mit den konstanten Impulsen des  
20 Impulsgenerators vergleichbar sind, und in dem bei einer positiven Phasenverschiebung (Polnacheilung) dieser proportionale beschleunigende Antriebsimpulse und bei einer negativen Phasenverschiebung (Polvoreilung) dieser proportionale, bremsende Antriebsimpulse erzeugbar sind,  
25 welche Antriebsimpulse mit den Sensorimpulsen synchronisiert sind, und daß der Ausgang des Phasenvergleichers der Feldwicklung aufgeschaltet ist.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen des Erfindungsgegenstandes sind den übrigen Unteransprüchen zu entnehmen.

130014/0544

Ein Ausführungsbeispiel des Erfindungsgegenstandes und seine Wirkungsweise werden nachfolgend anhand der Figuren 1 b i s 7 näher beschrieben.

Es zeigen :

- 5      Fig. 1      eine schematische Darstellung eines Synchron-  
motors mit der gesamten Regelanordnung,
- Fig. 2      eine Impulsfolge des Impulsgenerators,
- 10      Fig. 3      jeweils im oberen Diagramm die Sensorimpulse  
b i s      und im unteren Diagramm die sich aus dem  
7      Vergleich mit den Generatorimpulsen gemäß  
Fig. 2 ergebenden Antriebsimpulse für  
unterschiedliche Phasen- und Drehzahlab-  
weichungen bzw. Polsprünge.
- 15      In Fig. 1 ist schematisch ein Synchronmotor 1 dargestellt,  
der einen Läufer 2 und einen Ständer 3 aufweist, in dem  
eine Feldwicklung 4 und eine Sensorwicklung 5 unterge-  
bracht sind. Der Synchronmotor ist als Reaktionsmotor  
oder reaktiver Motor ausgebildet, d.h. der Läufer 2 ent-  
20 hält durch Permanentmagnete gebildete Pole, die abwechselnd  
angeordnet und mit N und S bezeichnet sind. Durch Beauf-  
schlagung der Feldwicklung 4 mit Impulsen, die beispiels-  
weise eine Frequenz von 16 Hz aufweisen, läßt sich der  
Läufer 2 auf eine der Polpaarzahl und der Frequenz ent-  
25 sprechende Drehzahl bringen, im dargestellten Falle also

auf acht Umdrehungen pro Sekunde. Der Anlauf des  
Läufers 2 wird durch nicht dargestellte Hilfsmittel  
ermöglicht, die ebenso wie das Prinzip des Synchron-  
motors Stand der Technik sind. Die Umdrehungen des  
5 Läufers 2 werden über eine Welle 6 auf ein Getriebe 7  
und von diesem über eine Welle 8 auf ein Anzeigesystem  
9 übertragen, welches beispielsweise eine Analoganzeige  
mittels mehrerer Zeiger und einem Ziffernblatt ermöglicht.

Die Sensorwicklung 5 wird durch eine Induktionsspule  
10 gebildet, die ebenso wie die Feldwicklung 4 im Ein-  
flußbereich der Magnetlinien der Pole N und S des Läufers  
2 liegt. Ein Ausgang der Sensorwicklung 5 liegt an einem  
Anschluß 10 eines Spannungsteilers, der aus den Wider-  
ständen 11 und 12 besteht. Vom Widerstand 12 führt ein  
15 Abgriff 13 in gleicher Weise zu einem Komparator 14  
wie der zweite Ausgang 15 der Sensorwicklung 5.

Bei der Rotation des Läufers 2 schneiden die Magnetfeld-  
linien der Pole N und S periodisch die Sensorwicklung 5,  
wodurch am Eingang des Komparators 14 eine sinusförmige  
20 Spannung mit Nulldurchgängen, das sogenannte Sensorsignal,  
erzeugt wird. Im Komparator 14, der auch als Impulsformer  
bezeichnet werden kann, wird das Sensorsignal in Rechteck-  
impulse umgesetzt, deren senkrechte Flanken an der Stelle  
der Nulldurchgänge des Sensorsignals liegen. An der Stelle  
25 der positiven Kurvenzüge des Sensorsignals liegen die Recht-  
eckimpulse; an der Stelle der negativen Kurvenzüge des  
Sensorsignals befinden sich die Intervalle zwischen den  
Impulsen.

Der Ausgang des Komparators 14 ist einer Entprellstufe  
30 15 aufgeschaltet, welches die Aufgabe hat, kurze Störim-  
pulse, die durch eine Einstreuung aus der Feldwicklung 4



2937838

- in die Sensorwicklung 5 entstehen, zurückzuhalten. Die Entprellstufe 15 enthält einen Inverter 16 und zwei D-Flip-Flops vom Typ MC 14013 (sämtliche hier genannten Typenbezeichnungen sind Katalogware der Firma Motorola/USA).
- 5 Ausserdem besitzt die Entprellstufe zwei NAND-Gatter 19 und 20 des Typs MC 14011 und zwei NAND-Gatter 21 und 22 des gleichen Typs, die aufgrund ihrer Schaltung ein weiteres Flip-Flop bilden. Die Ausgänge der NAND-Gatter 21 und 22 sind an einen gemeinsamen Anschluß 23 gelegt.
- 10 Die genannten Teile sind auf die gezeigte Weise geschaltet, so daß auf eine eingehende textliche Erläuterung der Leitungsführung verzichtet werden kann. Von Bedeutung sind noch die Anschlüsse 24 und 25 für die Verbindung mit den nachfolgenden Schaltkreisen.
- 15 Der gesamten Anordnung ist noch ein Impulsgenerator 26 zugeordnet, der einen Quarzoszillator 27 und einen Frequenzteiler 28 mit zwei Ausgängen aufweist, an denen Rechteckimpulse mit Frequenzen von beispielsweise 16 Hz und 256 Hz anstehen. Der Ausgang mit der Frequenz von
- 20 256 Hz ist über eine Leitung 29 mit den entsprechenden Eingängen der D-Flip-Flops 17 und 18 verbunden.

Derjenige Ausgang des Frequenzteilers 28, an dem die Frequenz von 16 Hz ansteht, ist über eine Leitung 30 mit einem Phasenvergleichler 31 verbunden, und zwar dort mit

25 einem D-Flip-Flop 32 des Typs MC 14013. Ein weiterer D-Flip-Flop 33 des gleichen Typs ist über eine Leitung 34 mit dem Anschluß 23 der Entprellstufe 15 verbunden. Zum Phasenvergleichler 31 gehören noch zwei NOR-Gatter 35 und 36 des Typs MC 14025 sowie zwei weitere NOR-Gatter 37 und

30 38 des Typs MC 14001. Auch die Teile des Phasenvergleichers



- 31 sind auf die gezeigte Weise geschaltet, wobei noch erwähnenswert ist, daß ein Eingang des NOR-Gatters 35 mit dem Anschluß 25 und ein Eingang des NOR-Gatters 36 mit dem Anschluß 24 der Entprellstufe 15 verbunden sind.
- 5 Der Ausgang des NOR-Gatters 38 ist über eine Leitung 39 mit der Feldwicklung 4 verbunden, deren andere Seite an Masse gelegt ist.

- Die Wirkungsweise der Anordnung gemäß Fig. 1 wird im Zusammenhang mit den Figuren 2-7 näher erläutert. Die
- 10 Buchstaben A, B und C am rechten Rand der Figuren 2-7 beziehen sich auf die entsprechend gekennzeichneten Stellen der Leitungsführung in Figur 1, d.h. an den betreffenden Stellen stehen unter den nachfolgend erläuterten Betriebsbedingungen Impulse an, die den in
- 15 den Figuren 2-7 dargestellten Impulsen entsprechen.

- In Fig. 2 sind die Generatorimpulse mit der Frequenz 16 Hz dargestellt. Mit dieser Frequenz wird der eine Eingang des D-Flip-Flops 32 des Phasenvergleichers 31 beaufschlagt. Die betreffende Impulsfolge A wird mit der
- 20 Impulsfolge verglichen, die aufgrund der Rotation des Läufers 2 in der Sensorwicklung 5 induziert und nach entsprechender Signalverarbeitung am Anschluß 23 (Stelle B) der Entprellstufe 15 ansteht. Die beiden Impulsfolgen werden miteinander verglichen, und zwar ist die Ausgangs-
- 25 frequenz des Impulsgenerators 26 die (konstante) Sollfrequenz und die Impulsfrequenz an der Stelle B die sogenannte Istfrequenz. Beide Frequenzen sind im Normalfall gegeneinander phasenverschoben. Abhängig von der Phasenverschiebung zwischen den beiden Frequenzen bzw. der Dif-
- 30 ferenz zwischen der Anzahl der Generatorimpulse (A) und

der Sensorimpulse (B) über einen vorgegebenen Zeitraum wird eine Folge von Antriebsimpulsen auf der Leitung 39 gebildet (C), deren unterschiedliches Aussehen in Abhängigkeit von den Betriebsbedingungen anhand der Figuren 3 bis 7 (jeweils unteres Diagramm) näher erläutert wird. Die Antriebsimpulse werden dabei synchron mit den Sensorimpulsen gebildet; sie liegen aber nur innerhalb deren Flanken und erstrecken sich nicht notwendigerweise über die gesamte Breite der Sensorimpulse. Die Breite der Antriebsimpulse ist dabei sowohl von der Phasenverschiebung als auch von der Differenz zwischen der Sollfrequenz und der Istfrequenz abhängig. Die Lage der Antriebsimpulse am Anfang und/oder am Ende der Sensorimpulse ist dabei abhängig vom Vorzeichen der Phasenverschiebung bzw. von einer Voreilung oder Nacheilung. Je nach der relativen Lage der Antriebsimpulse zu den Sensorimpulsen wird ein bremsendes oder beschleunigendes Drehmoment erzeugt, dessen Größe wiederum proportional der Phasenverschiebung und der Frequenzdifferenz ist. Unter "Antriebsimpulse" werden auch solche Impulse verstanden, die einen negativen Antrieb, d.h. eine Abbremsung bewirken.

In Fig. 3 sind die Sensorimpulse (B) gegenüber den Generatorimpulsen (A) phasenverschoben und breiter, was auf eine abgesunkene Drehzahl schliessen läßt. Die Nacheilung des Läufers nimmt zu, und die positive Phasenverschiebung nimmt von  $\varphi_1$  zu  $\varphi_2$  zu. Aufgrund des Vergleichs im Phasenvergleich 31 entsteht dadurch eine Folge von Antriebsimpulsen mit zunehmender Breite, die der Phasenverschiebung proportional sind. Diese Antriebsimpulse treten am Ende eines jeden Sensorimpulses auf, der ja auch die Lage des betreffenden Pols, der den Sensorimpuls erzeugt, zur Feldwicklung 4 anzeigt. Dies geschieht aufgrund der in Fig.1 gezeigten

räumlichen Lage von Feldwicklung 4 und Sensorwicklung 5 zueinander, die in einer gemeinsamen, radial zum Läufer 2 verlaufenden Ebene angeordnet sind. Dies kann besonders zweckmässig in der Weise geschehen, daß die  
5 Achsen von Feldwicklung 4 und Sensorwicklung 5 koaxial zueinander ausgerichtet sind und mit einem Radius des Läufers 2 übereinstimmen. Durch die Lage der Antriebsimpulse zu den Sensorimpulsen und damit zu den Polen wird ein beschleunigender Antriebsimpuls erzeugt, was symbolisch  
10 durch ein "+" angedeutet ist. Diese Impulse haben die Wirkung, die Phasenverschiebung kleinstmöglich zu machen, d.h. auf einen Wert zu bringen, der durch die stationären Antriebsverluste bis zum Anzeigesystem 9 bedingt ist.

Auch Fig. 4 zeigt eine Folge von Sensorimpulsen (B), die  
15 den Generatorimpulsen (A) nacheilen, d.h., die Phasenverschiebung ist positiv und progressiv. Dies ist ein Zeichen dafür, daß die Istfrequenz sehr viel stärker von der Sollfrequenz abweicht, ein Vorgang, der durch ein besonders starkes stoßartiges Drehmoment eintreten kann. Aufgrund  
20 eines Vergleichs der Sensorimpulse (B) mit den Generatorimpulsen (A) im Phasenvergleich 31 werden Antriebsimpulse (C) gebildet, die entsprechend breiter sind, wie dies durch den schraffierten Impuls in Fig.4 angedeutet ist. Der betreffende Antriebsimpuls erzeugt ein sehr viel stärkeres  
25 beschleunigendes Drehmoment, um die Phasenverschiebung  $\varphi_2$  wieder zu verringern. Auch hier ist die beschleunigende Wirkung des Antriebsimpulses durch die relative Lage zum Sensorimpuls bzw. zum Pol bedingt.

Fig. 5 zeigt eine Folge von Sensorimpulsen (B) die gegen-  
30 über den Generatorimpulsen (A) voreilt, d.h. die Phasenverschiebung ist negativ. Durch den beschriebenen Vergleich

wird nunmehr im Phasenvergleich 31 eine Folge von Antriebsimpulsen (C) erzeugt, die eine solche Lage zu den Sensorimpulsen bzw. Polen haben, daß ein bremsendes Drehmoment erzeugt wird. Dies ist durch ein "-" angedeutet.  
5 Diese bremsenden oder negativen Antriebsimpulse erzeugen eine weitgehende Wiederherstellung der Obereinstimmung von Generator- und Sensorimpulsen.

In den Figuren 3,4 und 5 sind Verhältnisse dargestellt, bei denen noch kein Polsprung " $\epsilon$ " stattgefunden hat,  
10 der als Umdrehungsabweichung : Polpaarabstand, jeweils in Winkelgraden angegeben, definiert wird. Mit anderen Worten: eine Zählung von Generator- und Sensorimpulsen führt zu einer Obereinstimmung der Impulszahlen.

Anders ist dies in dem anhand von Fig.6 und 7 erläuterten  
15 Fall. Hierbei wurde durch den Phasenvergleich festgestellt, daß z.B. aufgrund extrem starker äußerer stoßartiger Drehmomente eine Polvoreilung oder Polnacheilung eingeleitet worden ist, die größer ist als ganzzahlige Vielfache des Polabstandes. Dies bedeutet, daß entweder  
20 die Generatorimpulse die Sensorimpulse und damit die Pole "überholt" haben (Polnacheilung), oder umgekehrt (Polvoreilung). Dieser Zustand wäre durch eine einfache Proportionalregelung, wie sie anhand der Figuren 3,4 und 5 erläutert wurde nicht wieder zu beseitigen, da eine derartige einfache Regelung  
25 einen Polsprung nicht feststellen kann. Diesen Umstand beseitigt jedoch die besondere Ausführungsform des Erfindungsgegenstandes, wonach der Phasenvergleich 31 in der Weise ausgelegt ist, daß bei einer Polvoreilung größer als ganzzahlige Vielfache des Polabstandes (Polsprung  $\epsilon = -1, -2,$   
30  $-3, \dots$ ) bremsende Antriebsimpulse in voller Breite der Sensorimpulse und synchron mit diesen, und bei einer Polnacheilung

größer als ganzzahlige Vielfache des Polabstandes (Pol-  
sprung  $\epsilon = 1, 2, 3, \dots$ ) beschleunigende Antriebsimpulse  
in voller Breite der Sensorimpulse und synchron mit  
diesen erzeugbar sind.

- 5 Die betreffenden Vorgänge sind in den Figuren 6 und 7  
dargestellt.

Bei dem Betriebszustand, dessen Auswirkungen in Fig. 6  
dargestellt sind, liegt ein Polsprung in Form einer  
Polnacheilung um ein ganzzahliges Vielfaches vor, d.h.  
die Folge der Generatorimpulse hat die Folge der Sensor-  
10 impulse überholt. In diesem Fall wird ein Antriebsim-  
puls (C) in voller Breite des Sensorimpulses und synchron  
mit diesem erzeugt, der aufgrund seines hohen Drehmoments  
die Polnacheilung wieder aufhebt, d.h. der Läufer 2 wird  
kurzzeitig so stark beschleunigt, daß der Polsprung zu  
Null wird.

- 15 Bei dem Betriebszustand gemäß Fig. 7 liegt ein Polsprung  
in Form einer Polvoreilung vor, d.h. die Folge der Sensor-  
impulse hat die Folge der Generatorimpulse überholt.  
Im Phasenvergleich 31 werden nunmehr durch den bereits  
beschriebenen Vergleich Antriebsmomente mit starker bremsen-  
20 der Wirkung erzeugt, die den Polsprung wieder aufheben.

Es ist dabei anzustreben, den Polsprung  $\epsilon$  nicht größer als  
1 werden zu lassen, insbesondere dann, wenn eine Polnacheilung  
beseitigt werden soll. Für den Fall einer Polvoreilung kann  
es jedoch zur Verminderung der elektrischen Antriebsleistung  
25 zweckmässig sein, größere Polsprünge zuzulassen und diese  
sukzessive auszuregeln, da eine Abbremsung des Läufers 2  
durch Reibungskräfte ohnehin erfolgt.



Die Anordnung gemäß Fig. 1 kann für Batteriespannungen über 3 Volt mit herkömmlichen CMOS-Schaltkreisen aufgebaut werden (Complementary Metal Oxide Semiconductor-Circuits.). Die Verbindung der Batterie mit der Anordnung 5 gemäß Fig.1 ist nicht besonders dargestellt, sondern nur durch "⊕" dargestellt.

Mit der dargestellten Anordnung sind nur einfache Polsprünge ( $\mathcal{E} = \pm 1$ ) erfaßbar. Sofern mehrfache Polsprünge ( $\mathcal{E} = \pm 2, 3, \dots$ ) ausgeregelt werden sollen, 10 sind die Flip-Flops 32 und 33 durch Auf-Abwärts-Zähler- oder durch Rechts-Links-Schieberegister zu ersetzen.



2937838

Nummer:  
Int. Cl.<sup>3</sup>:  
Anmeldetag:  
Offenlegungstag:

29 37 838  
H 02 P 5/40  
19. September 1979  
2. April 1981

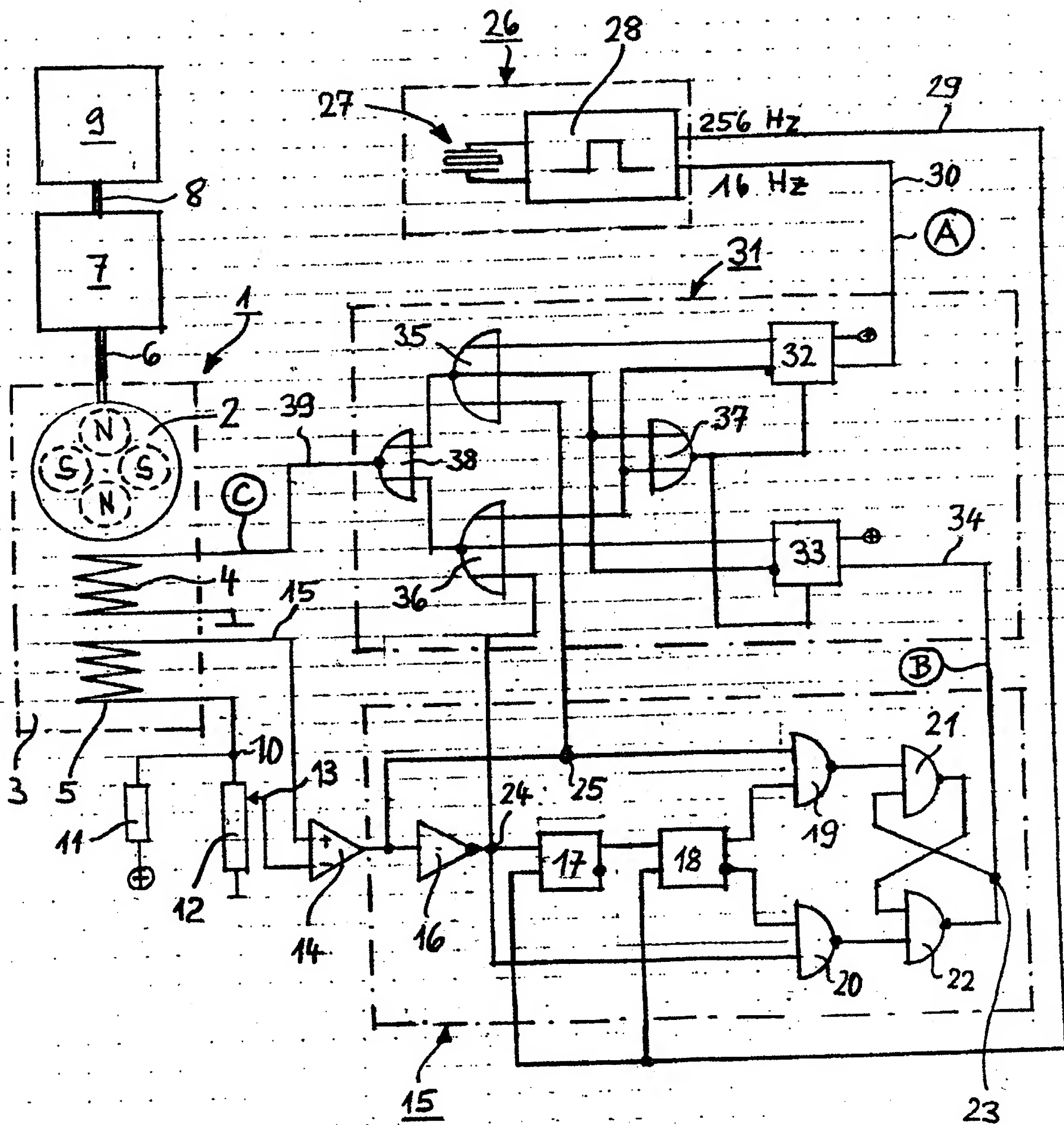


FIG. 1

130014/0544

ORIGINAL INSPECTED

2937838

FIG. 2

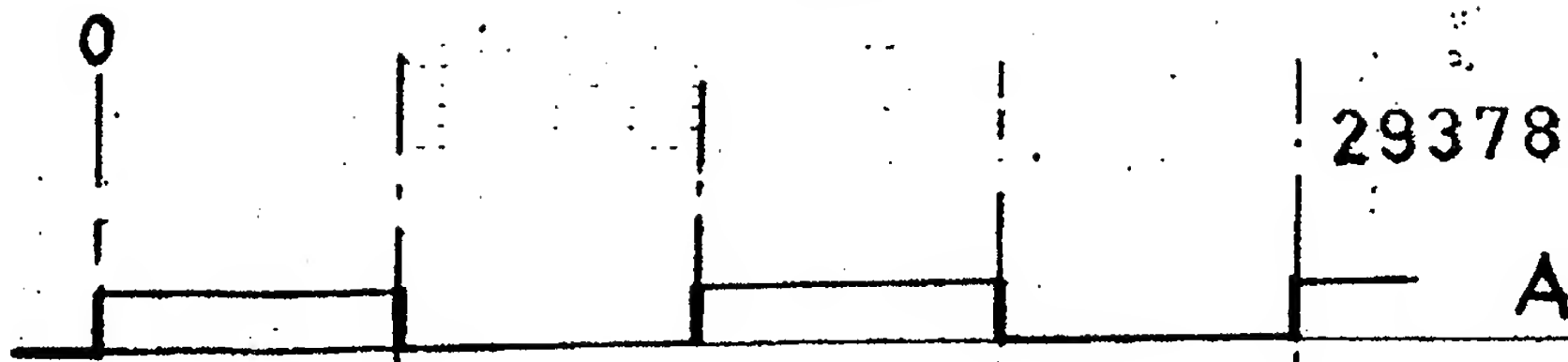


FIG. 3

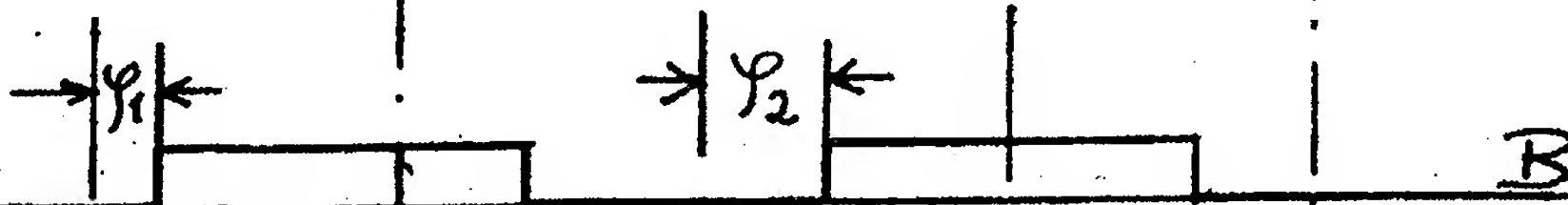


FIG. 4

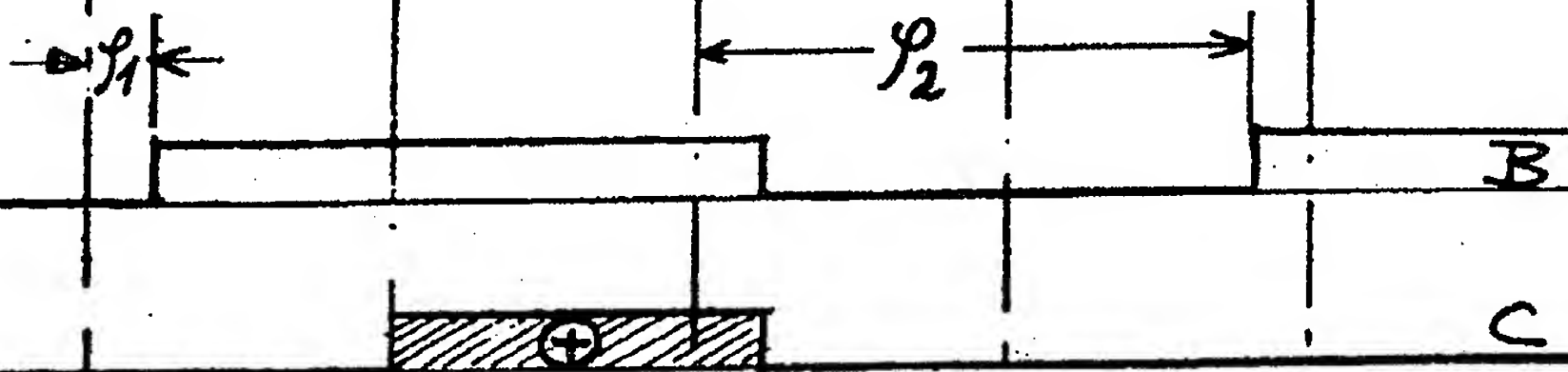


FIG. 5

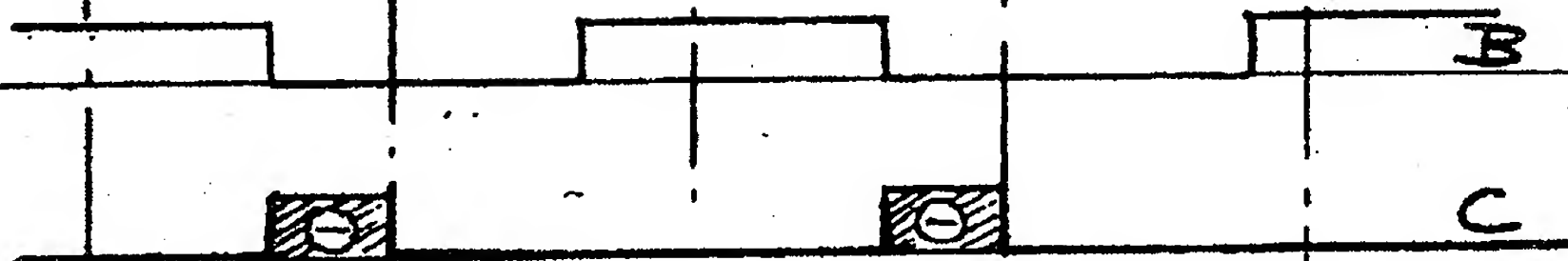


FIG. 6

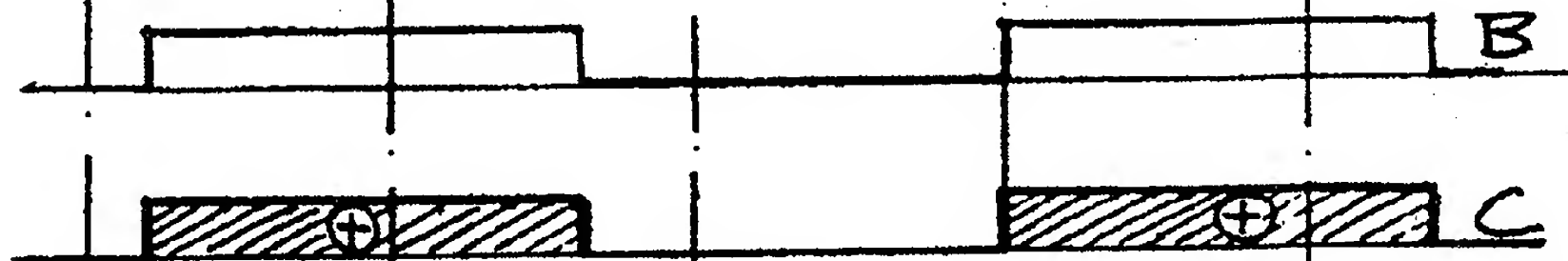
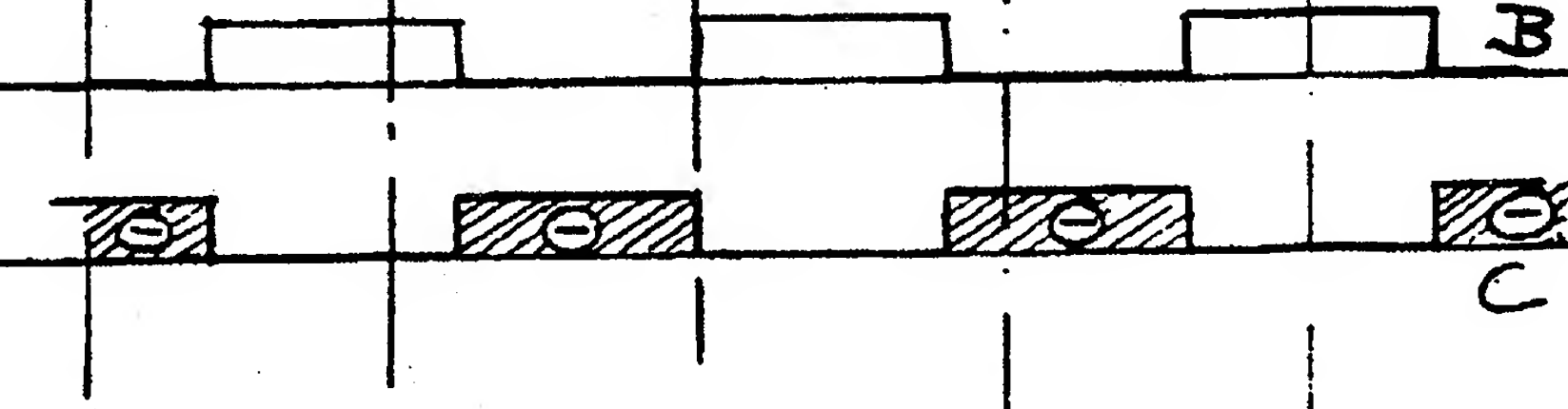


FIG. 7



130014/0544

ORIGINAL INSPECTED